논술(자연계)

※주의사항 : 논제 1은 필수로 풀고 논제 2, 3, 4, 5 중 한 문제를 선택해서 답안을 작성하시오.
모집단위에 따라 선택 문항이 제한될 수 있음.

논제 1: 수학 (필수)

(가)

그림 1과 같이 2 이상인 자연수 n에 대하여 곡선 $y=x^n$ 위에 $0 \le a < b$인 두 실수 a, b를 x좌표로 하는 두 점 $\mathrm{A}(a, a^n)$과 $\mathrm{B}(b, b^n)$에서의 접선들의 교점을 $\mathrm{C}(c, d)$라 하자. 점 A, B, C의 수선의 발을 각각 점 $\mathrm{A}'(a,0), \mathrm{B}'(b,0), \mathrm{C}'(c,0)$라 하자.

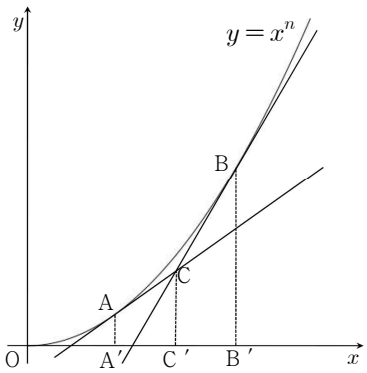


그림 1

(나)

그림 2와 같이 x축 위의 점 $\mathrm{P}(p,0)$에서 곡선 $y=x^4+1$에 그은 두 접선의 접점을 $\mathrm{Q}(s,t)$와 $\mathrm{R}(u,v)$이라 하자.

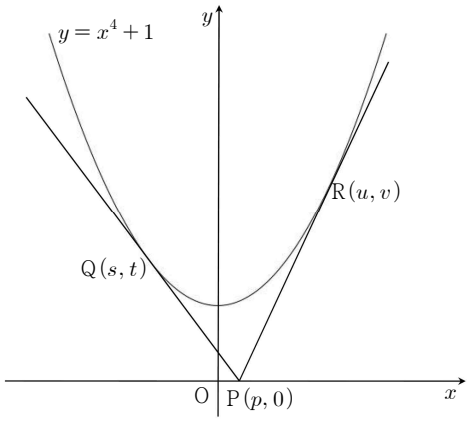


그림 2

(a) 제시문 (가)에서 x축 위의 점 $(n+1, 0)$을 지나고 곡선 $y=x^n$과 수직으로 만나는 직선의 방정식을 구하시오.

(b) 제시문 (가)에서 $0 \le a < b$인 임의의 두 실수 a, b에 대하여 $\overline{\mathrm{A}'\mathrm{C}'} = \overline{\mathrm{C}'\mathrm{B}'}$이 되기 위한 n의 값을 구하고,

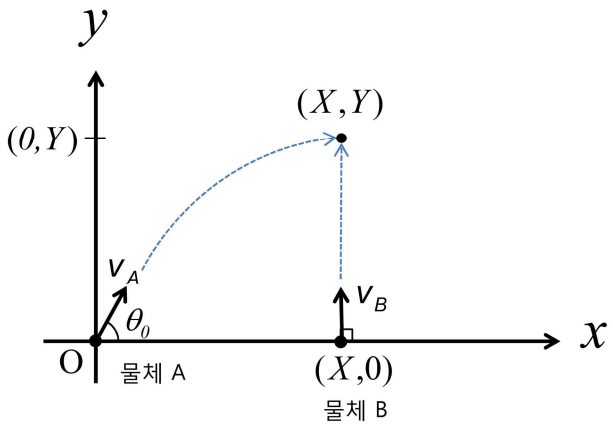
이때 곡선 $y=x^n$과 두 접선에 의해 둘러싸인 영역의 면적을 구하시오.

(c) 제시문 (나)에서 p를 s의 함수로 나타내시오.

(d) 제시문 (나)에서 극한 $\lim_{s\to 0} s^4 \frac{du}{ds}$를 구하시오.

논제 2: 물리 (선택)

지표면에서 공중으로 발사되어 날아가는 물체의 궤적은 포물선을 그린다. 그림과 같이 $t=0$일 때 물체 A를 원점 O에서 x축과 각도 θ_0 방향으로 초기 속력 v_A로 발사하였다. 물체 A의 질량은 M, 발사 각도는 $0<\theta_0<\pi/2$ 이며 물체 A가 최고점에 도달할 때 물체의 좌표를 (X,Y)라 하자. 그리고 $t=0$일 때 질량 m인 물체 B를 좌표 $(X,0)$ 지점에서 물체 A와 동시에 수직방향으로 속력 v_B로 발사하였다. 중력가속도는 g로 일정하고 공기저항은 무시한다.



그림

(a) 시간 $t>0$일 때 물체 A의 높이 $y(t)$와 x축 좌표 $x(t)$의 관계로부터 물체 A가 그리는 궤적이 포물선이 됨을 논술하시오.

(b) 물체 A가 최고점에 도달했을 때 물체 A의 좌표 (X,Y)를 v_A와 θ_0의 함수로 표현하시오.

(c) 물체 A가 물체 B와 충돌하지 않고 날아간다면, 물체 A를 x축 위로 가장 멀리 보내기 위한 각도 θ_0를 구하시오.

(d) 물체 B가 상승하면서 좌표 (X,Y)에서 물체 A와 충돌하였다면 물체 B의 속력 v_B를 v_A와 θ_0의 함수로 표현하시오.

(e) (d)에서 두 물체가 완전 비탄성 충돌하여 합쳐진 후 두 물체의 속력은 어떻게 될 것인지 논술하시오.

논제 3: 화학 (선택)

(가)

원자의 성질은 원자 내의 전자의 배치에 의해 결정이 되므로 특정 원자의 전자 배치를 정확히 아는 것은 이 원자의 성질을 예측하거나 설명하는데 큰 도움이 된다. 주기율표는 원자를 전자배치에 따라 일목요연하게 정리해 놓은 표이다. 주기율표에서 O, S, Se, Te와 같이 위에서 아래로 한 줄로 늘어놓은 원자들은 하나의 족(Group)에 속하며 어느 정도 유사한 화학 반응성을 지니게 되나, 각 원자들에 존재하는 전자의 개수에서 차이가 나므로 완전히 동일한 성질을 가질 수는 없다.

(나)

전기음성도는 분자를 구성하는 원자가 전자를 끌어들이는 정도의 정량적인 척도로서 주기율표에서의 원자의 위치를 살펴보면 전기음성도가 큰지 작은지를 금세 알 수 있다. 주기율표에서 가장 오른쪽 줄에 불활성 기체 원자들이 자리하고 있는데 이들과 가까운 위치에 자리 잡은 N, O, F와 같은 원자들은 전기음성도가 특별히 크다. 또한 같은 족에 있는 원자들의 경우 일반적으로 주기율표의 아래로 내려갈수록 전기음성도가 작아지는 경향이 있다. 반면 주기율표의 왼쪽에 위치한 H, Na, Cs 등의 원자들은 전기음성도가 작다.

(다)

분자의 구조를 자세히 관찰하여 보면 이 분자가 산의 성질을 가질 것인지 염기의 성질을 가질 것인지를 예측할 수 있다. 예를 들어 전기음성도가 큰 Cl 원자는 전자를 강하게 끌어들이므로 안정한 Cl^- 음이온의 형태로 존재할 수 있어 다음의 반응이 쉽게 일어난다. 이 반응을 통하여 H^+ 양이온이 생성되므로 HCl은 산이 된다.

$$HCl \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

한편 전기음성도가 높은 원자를 지닌 분자나 이온은 H^+ 양이온과 쉽게 결합을 할 수 있다. 예를 들어 OH^-는 H^+와 결합하여 H_2O를 형성한다.

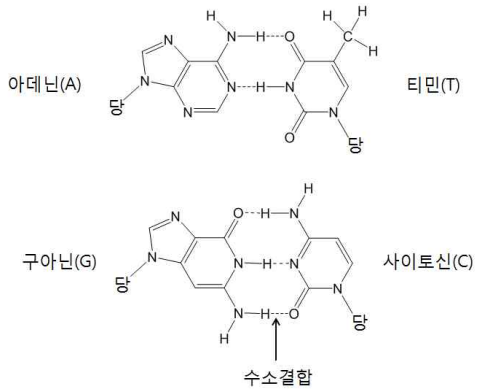
(라)

화학결합은 구성 원자들의 종류와 전기음성도에 따라 비극성 결합과 극성 결합으로 나뉜다. 예를 들어 H-H 결합은 동일한 두 원자 간의 결합이므로 전형적인 비극성 결합이고 H-O 결합은 수소원자에 부분양전하가 존재하고 산소 원자는 부분음전하가 존재하여 극성을 띠게 된다. 하나의 화합물 내에 존재하는 화학 결합들에서 극성의 유무와 극성의 크기, 화합물의 구조에 따라 전체 화합물의 극성이 결정된다.

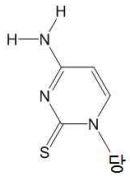
(마)

분자간의 상호작용도 원자의 전기음성도에 큰 영향을 받는다. 예를 들어 수소결합은 분자 간의 아주 강한 상호작용으로서 한 분자에 존재하는 H 원자의 부분양전하와 다른 분자에 존재하는 N, F, O 원자의 부분음전하 사이의 전기적 인력에 기인한다. DNA 이중나선구조는 두 가닥의 DNA 단일구조간의 수소결합 때문에 형성되며, 물의 높은 끓는점도 수소결합에 의해 설명된다.

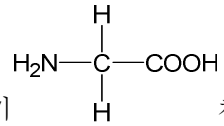
(a) DNA 이중나선구조는 다음과 같이 DNA 단일구조에 존재하는 A-T 및 C-G 수소결합 때문에 형성되며 상온에서 아주 안정하다.



만약 사이토신이 다음과 같은 화학구조로 대체된다면 DNA 이중나선구조가 더욱 안정해질 것인지 아니면 불안정해질 것인지 예측하고 그 이유를 논술하시오.



(b) 아미노산은 한 분자 내에 $-NH_2$와 $-COOH$를 동시에 가지는 분자이다. 다음의 구조를 가지는 아미노산 분자를 증류수에 녹이면 전기 전도도는 순수한 증류수에 비하여 증가하게 된다. 그 이유를 수용액상 아미노산 분자의 구조변화에 근거하여 논술하시오. 또한 아미노산 분자의 구조변화를 분자 내에 존재하는 원자들의 극성과 연관 지어 설명하시오.



(c) 이산화탄소 CO_2 는 상온, 상압에서 기 체로 존재하며 같은 조건에서 물에 잘 녹지 않는다. 화학결합의 극성이라는 논거만 이용하여 이산화탄소의 구조를 예측하시오.

(d) CO_3^{2-} 는 이산화탄소와 마찬가지로 탄소와 산소만으로 이루어져 있으나 물에 잘 녹는다. 이 물질이 극성을 띠는지 아닌지 화학구조를 이용하여 설명하시오.

(e) CO_2 를 산성 용액과 염기성 용액에 용해시킬 경우, 어떤 용액에서 더 높은 용해도를 보일지 예측하고 그 이유를 설명하시오.

논제 4: 생명과학 (선택)

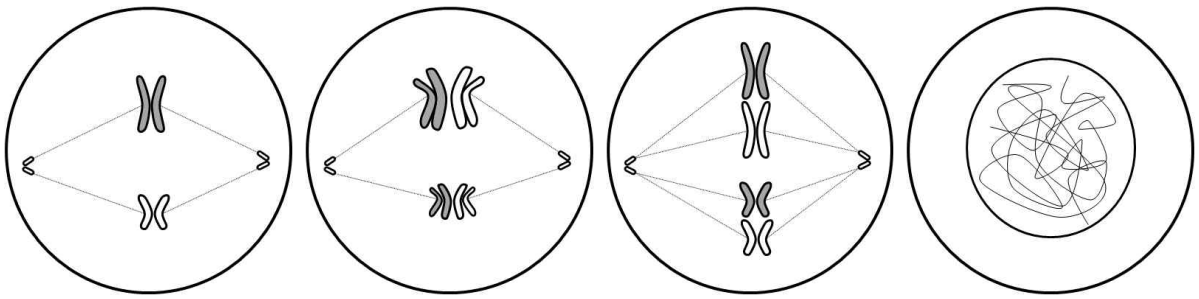
(가)

체세포 분열은 모세포와 동일한 유전 물질을 가진 2개의 딸세포를 형성하는 과정이다. 이 과정 동안 S기에 복제된 유전 물질을 가지고 있는 하나의 핵이 2개로 나누어지는 핵분열과 세포질이 2개로 나누어지는 세포질 분열을 거쳐 2개의 딸세포가 만들어 진다. 한편, 감수 분열은 한 번의 DNA 복제와 두 번의 연속된 세포 분열을 통해 염색체 수가 모세포의 절반인 4개의 딸세포가 생성되는 과정이다. 이 때 감수 1분열 결과 상동 염색체가 분리되어 각각의 딸핵을 생성하고 이어서 세포질 분열이 일어나 2개의 딸세포가 생성된다. 그리고 감수 1분열 후 각각의 딸세포에서 새로운 DNA 복제 없이 감수 2분열이 일어나 다시 2개의 딸세포가 생성된다.

하나의 세포 속에 들어있는 염색체의 상대적인 수를 구성 상태에 따라 표시한 것을 핵상이라고 한다. 서로 다른 종류의 염색체를 한 조로 묶어서 n이라고 하는데, 대부분의 생물은 부계와 모계로부터 염색체를 한 조씩 물려받아 짝수 개의 염색체를 갖는다.

(나)

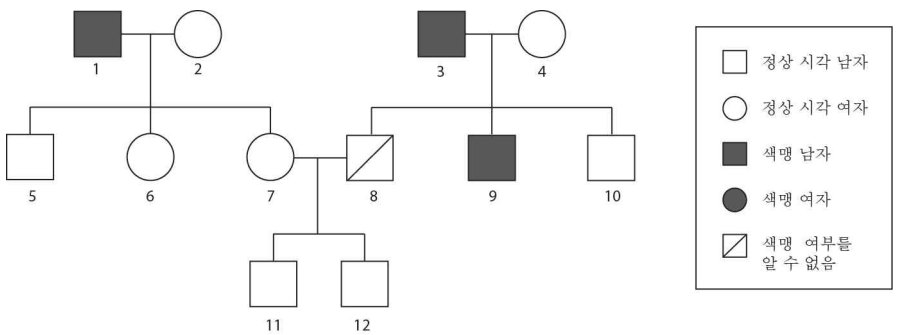
아래 그림은 어떤 가상의 동물(2n=4)의 여러 세포들을 관찰한 뒤 세포분열 과정에 있거나 세포분열 직후인 세포들을 나타낸 것이다. 편의상 염색체 사이의 교차는 일어나지 않았다고 가정한다.



세포1 세포2 세포3 세포4

(다)

적록색맹은 적색과 녹색을 잘 구별하지 못하는 유전 형질이다. 적록색맹의 유전자는 X 염색체 상에 있으며, 정상에 대해 열성으로 작용한다. 청색과 황색을 인지하지 못하는 청황색맹과 달리 적록색맹은 여자보다 남자에서 그 출현 비율이 높다. 아래 그림은 적록색맹을 가진 어떤 가족의 가계도이다.



(라)

사람의 감각기관은 외부의 환경을 인식하여 이들 감각 정보를 중추신경계로 전달한다. 시각의 경우도 눈에 존재하는 망막에서 빛을 감지하여 이를 신경 흥분의 형태로 전환하여 이 신호가 대뇌로 전달된다. 망막에서 활동 전위를 발생시켜 뇌로 전달하는 망막신경절 세포는 빛이 없을 때 −70 mV 정도의 막전위를 유지하다 빛이 감지되면 +40 mV 정도로 탈분극 된다.

(마)

멘델 집단은 하디−바인베르크 평형 상태가 유지되는 이상적인 집단을 일컫는다. 이 집단은 확률의 법칙이 적용될 정도의 많은 개체로 구성되고 다른 집단과의 유전적 흐름이 없으며 돌연변이의 확률이 무시할 수 있을 정도로 낮아 유전적 평형을 이루고 있다. 또한 집단 내에서 무작위적인 교배가 이루어진다. 하디−바인베르크 평형 상태에서 어떤 유전자 A의 두 대립 유전자 A와 a의 빈도를 각각 p, q라 할 때 (단, $p+q=1$), 두 대립 유전자의 전체 빈도는 $p^2+2pq+q^2=1$로 나타낼 수 있다.

(a) 제시문 (가)를 참조하여 제시문 (나)의 각 세포들이 가지는 핵상에는 어떤 차이가 있는지 n값으로 설명하시오.

(b) 문제 (a)의 각 세포들이 가지는 DNA의 상대적인 양에는 어떤 차이가 있는지 설명하시오. (단, DNA 양이 가장 적은 세포의 DNA 양을 1이라고 하시오.)

(c) 제시문 (나)의 세포들 중 분열기의 세포들만 골라 그들의 딸세포가 가진 핵상에는 어떤 차이가 있는지 n값으로 설명하시오.

(d) 문제 (c)의 각 세포들이 가지는 DNA의 상대적인 양에는 어떤 차이가 있는지 설명하시오. (단, DNA 양이 가장 적은 세포의 DNA 양을 1이라고 하시오.)

(e) 제시문 (다)의 적록색맹이 남자에게서 더 많은 비율로 발견되는 이유를 설명하시오.

(f) 제시문 (다)의 가계도에서 8은 어린 시절 사고로 인하여 시각을 잃어 색맹의 여부를 알 수 없다. 7과 8 부부가 셋째 아이를 낳을 경우 색맹인 딸을 낳을 확률을 설명하시오. (단, 출생 시 남녀 비율은 동일하다.)

(g) 제시문 (라)에 설명되어 있는 망막신경절 세포의 빛에 의한 전도 현상을 세포막의 능동수송과 수동수송의 관점에서 설명하시오.

(h) 제시문 (다)의 가계도가 속한 집단이 제시문 (마)의 멘델집단으로 가정하고, 이 집단의 적록색맹은 유전자 G의 대립유전자 g에 의해 일어나며, 이 집단 내 여성에서의 대립유전자 g의 빈도가 0.2라면 제시문 (다)의 12가 결혼하여 낳은 딸이 적록색맹 보인자일 확률을 계산하시오.

논제 5: 지구과학 (선택)

2014년 3월과 4월에 경상남도 진주시 일대에서 유성이 무리 지어 떨어지는 것이 관찰된 이후 운석이 여러 개 발견되었다. 지금까지 발견된 4개의 운석들 중 가장 작은 것은 질량 1.0 kg, 가장 큰 것은 질량 20.9 kg에 달한다. 운석은 흔히 철과 니켈로 구성된 철질 운석(밀도 약 8.0 g/cm^3)과 규산염 광물로 주로 구성된 석질 운석(밀도 약 3.0 g/cm^3)으로 나뉜다.

지구의 대륙지각을 형성하는 주요 암석인 화강암은 밀도가 약 2.7 g/cm^3이고, 해양지각을 구성하는 현무암은 밀도가 약 3.0 g/cm^3이다. 상승하는 마그마에 포획되어 지표로 나온 지하 심부의 암석들 중 철 성분이 현무암보다 더 많이 들어있는 암석들은 밀도가 약 3.5 g/cm^3에 달하기도 한다.

1680년에 뉴튼이 중력의 법칙을 이용하여 지구의 질량을 처음으로 계산하였으며, 이어 1798년에 캐빈디시가 계산한 지구의 평균 밀도는 약 5.6 g/cm^3이었다. 오늘날 인공위성으로 정밀하게 측정된 지구의 크기 및 질량을 이용하여 계산한 지구의 평균 밀도는 약 5.5 g/cm^3이다. 지구의 위성인 달의 평균 밀도는 약 3.4 g/cm^3이다. 미국의 아폴로 달 탐사를 통해 수집된 달의 암석은 도합 약 384 kg이나 되며 이 암석들은 모두 화성암으로 분출암인 현무암 및 이와 같은 화학성분의 심성암으로 구성되어 있다.

커다란 운석이 지구에 떨어지는 경우 직경 200 m보다 큰 석질 운석과 직경 40~60 m보다 큰 철질 운석은 대기권을 거의 그대로 통과하면서 지표에 충돌하여 폭발하게 된다. 지구 탄생 이후 이러한 운석과 소행성들이 무수히 지구에 떨어졌다. 예로 약 5만 년 전에 미국 애리조나 주에 떨어진 약 30만톤의 운석은 지표에 폭이 1.2 km나 되는 거대한 충돌 구덩이를 형성하였다. 또한 가장 널리 알려진 예로 약 6500만 년 전 중생대 백악기 말기에 직경 약 10 km의 소행성은 지구와 충돌하여 당시 존재하던 모든 생물종 중 공룡을 포함하여 약 75%를 멸종시켰으며, 이를 계기로 포유류가 빠르게 진화하게 되어 오늘날과 같은 생태계를 이루게 되었다.

제시문에 근거하여 다음 질문에 답하시오.

(a) 지구의 평균밀도와 대륙지각의 평균밀도가 다른 이유를 설명하고, 어떠한 과정에 의하여 이러한 밀도 차이가 생겼는지 설명하시오.

(b) 달의 평균밀도와 달의 표면에서 아폴로 달 탐사를 통해 수집한 암석의 밀도가 다른 이유를 설명하시오.

(c) 만약 자기장이 존재하지 않는 지구형 행성이 있다면 자기장이 존재하지 않는 이유를 설명하시오.

(d) 오늘날 지구에는 화성, 수성, 달에 비하여 운석 충돌 구덩이가 훨씬 적은 수만 분포한다. 가능한 이유를 모두 설명하시오.

(e) 운석이 지구에 떨어질 때 그 크기에 따라 불타면서 소멸되기도 하고 지표와 충돌해서 폭발하기도 한다. 그 이유를 설명하시오.